

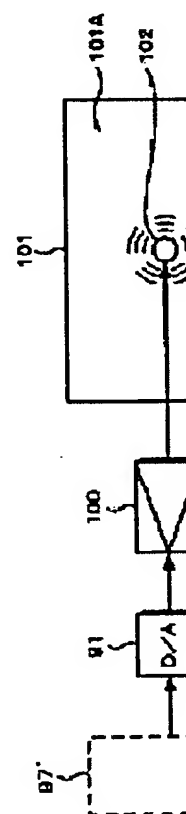
METHOD FOR COLLECTING IMPULSE RESPONSE, SOUND EF RECORD MEDIUM

Patent number: JP2000097763
 Publication date: 2000-04-07
 Inventor: HASE TATSUTAKA
 Applicant: SONY CORP
 Classification:
 - international: G01H17/00; G10K15/12
 - european:
 Application number: JP19980271462 19980925
 Priority number(s):

Abstract of JP2000097763

PROBLEM TO BE SOLVED: To readily obtain high-quality reverberated sounds in response to a surround system.

SOLUTION: A sound source 102 is installed at a predetermined position of a stage part 101A. Impulse response measuring microphones 103FL, 103FR, 103RL, 103RR are each installed at predetermined positions in response to a surrounding system in a seat part 101B. Measuring TSP signals reproduced by the sound source 102 are each collected by four mikes, and each of four channels is converted into digital signals by an A/D converter 93', and is supplied to an impulse response collector 97'. In the device 97', measured data of the four channel are each divided by inverse characteristics of the TSP signals, thereby obtaining impulse response data at each of the four channels. The impulse response data at each of the four channels are recorded in, e.g. CD-ROMs. Audio signals are each folded in by the impulse response data of the four channels, thereby obtaining reverberated sounds in response to the surround system.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テ-マ-コード (参考)

G01H 17/00

G01H 17/00

Z 2G064

G10K 15/12

G10K 15/00

B 5D108

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全23頁)

(21) 出願番号

特願平10-271462

(22) 出願日

平成10年9月25日 (1998. 9. 25)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 長谷 樹高

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100082762

弁理士 杉浦 正知

Fターム (参考) 2G064 AA05 AB02 AB12 AB16 BA02

BA03 BD05 CC02 CC29 CC43

DD08 DD10 DD18 DD23

5D108 AA01 AA02 AA08 AA11 AB08

AB09 AB19 AC02 AC08 AD02

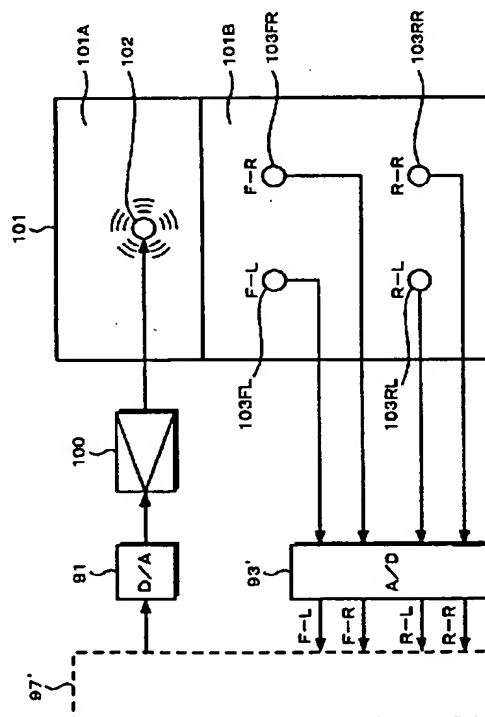
AD03

(54) 【発明の名称】 インパルス応答の収集方法および効果音付加装置ならびに記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 サラウンド方式に対応した高品位な残響音を、容易に得ることができるようにする。

【解決手段】 音源102がステージ部101Aの所定位置に据えられる。インパルス応答測定用のマイクロフォン103FL, 103FR, 103RL, 103RRが客席部101Bの、サラウンド方式に対応した所定位置に夫々据えられる。音源102で再生された測定用のTSP信号が4本のマイクで夫々収録され、A/D変換器93'で4チャンネル夫々がデジタル信号に変換され、インパルス応答収集装置97'に供給される。装置97'では、4チャンネルの測定データの夫々をTSP信号の逆特性で割り、4チャンネル夫々のインパルス応答データを得る。4チャンネル夫々のインパルス応答データは、例えばCD-ROMに記録される。オーディオ信号を、この4チャンネルのインパルス応答データで夫々畳み込むことで、サラウンド方式に対応した残響が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 インパルス応答のたたみ込みを行うことによって効果音を生成する際に用いられるインパルス応答の収集方法において、

測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された 4 個以上の測定手段のそれぞれで測定する測定のステップと、

上記測定された上記音響のそれぞれをインパルス応答に変換する変換のステップとを有することを特徴とするインパルス応答の収集方法。

【請求項 2】 インパルス応答のたたみ込みを行うことによって効果音を生成する際に用いられるインパルス応答の収集方法において、

ステレオ方式に対応する 2 箇所それぞれで測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された 2 個以上の測定手段のそれぞれで測定する測定のステップと、

上記測定された上記音響のそれぞれをインパルス応答に変換する変換のステップとを有することを特徴とするインパルス応答の収集方法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載のインパルス応答の収集方法において、

上記測定用信号は、複数回、発生され、上記複数回発生された上記測定用信号による測定結果を同期加算する同期加算のステップとをさらに有し、

上記変換のステップでは、上記インパルス応答への変換を、上記同期加算のステップでの加算結果に基づいて行うことを特徴とするインパルス応答の収集方法。

【請求項 4】 請求項 1 または請求項 2 に記載のインパルス応答の収集方法において、

上記変換のステップで変換されたインパルス応答を加工する加工のステップをさらに有することを特徴とするインパルス応答の収集方法。

【請求項 5】 測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された 4 個以上の測定手段のそれぞれで測定する測定のステップと、上記測定された上記音響のそれぞれをインパルス応答に変換する変換のステップとから得られたインパルス応答データが記録されたことを特徴とするコンピュータによって読み取り可能な記録媒体。

【請求項 6】 ステレオ方式に対応する 2 箇所それぞれで測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された 2 個以上の測定手段のそれぞれで測定する測定のステップと、上記測定された上記音響のそれぞれをインパルス応答に変換する変換のステップとから得られたインパルス応答データが記録されたことを特徴とするコンピュータによって読み取り可能な記録媒体。

【請求項 7】 請求項 5 または請求項 6 に記載の記録媒体において、

複数回発生された上記測定用信号により得られた測定結

果を同期加算した加算結果を用いて、上記インパルス応答への変換が行われていることを特徴とするコンピュータによって読み取り可能な記録媒体。

【請求項 8】 入力されたデジタルオーディオ信号に対してインパルス応答データをたたみ込むことによって効果音を付加する効果音付加装置において、

同一空間の複数箇所にそれぞれ対応した複数のインパルス応答データが記録された記録媒体から上記複数のインパルス応答データを再生する再生手段と、

10 デジタルオーディオ信号を入力する入力手段と、

上記再生手段によって再生された上記複数のインパルス応答データによって、上記入力手段によって入力された上記デジタルオーディオ信号をそれぞれたたみ込む複数のたたみ込み手段とを有することを特徴とする効果音付加装置。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の効果音付加装置において、

20 上記デジタルオーディオ信号はステレオで入力され、該ステレオ入力のそれぞれについて上記複数のたたみ込み手段によって上記たたみ込みを行い、該複数のたたみ込み手段の出力のそれぞれを、上記ステレオ入力に対応して混合するようにしたことを特徴とする効果音付加装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、この発明は、実在する機器または空間のインパルス応答に基づき残響音を付加する場合において、特にサラウンド効果に適したインパルス応答の収集方法および効果音付加装置ならび

30 に記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】オーディオ信号に対して効果音を付加するための装置の一つに、残響音付加装置（リバーブレータ）がある。この残響音付加装置は、例えば録音スタジオでオーディオ信号に残響音を付加し、音に広がりや深みを出すために多く用いられている。スタジオなどで録音された音に残響音を付加することで、実際にホールで演奏されているような効果や、さらに特殊な効果を与えることができる。

40 【0003】古くには、残響音の付加は、実際に、ホールなどの残響音を得られるような場所で録音を行うか、あるいは、鉄板などの振動を利用して残響音的な効果を得るようにした、鉄板エコーなどの装置を用いて行われていた。近年の残響音付加装置では、これらの効果が電氣的に実現されている。さらに、近年では、デジタル信号処理技術の発達に伴い、デジタル的に残響音を合成するような装置が普及してきている。

【0004】デジタル処理によって残響音を付加する際には、例えば巡回型のデジタルフィルタが用いられる。入力されたデジタルオーディオ信号が減衰されな

がら巡回され、残響音が発生される。これを、元のディジタルオーディオ信号に混合する。実際には、元の音に対して所定期間遅延された位置に初期反射音を加えられ、さらに所定期間後に残響音を加えられる。元の音に対する残響音の遅延時間は、プリディレイと称される。残響時間や副残響音の付加、細かなレベル調整などを行うことが可能で、幅広い音作りができる。

【0005】ところで、前方からの左右の音源による音場再生に対して、後方からの音場を加えた、サラウンド方式と称される再生方法が普及しつつある。サラウンド方式は、特に映画館の音場を再現するために用いられるもので、例えばリスナの前方に配置される左右のチャンネル(F-L, F-R)と、リスナの後方に配置される左右のチャンネル(R-L, R-R)の4チャンネルが設けられると共に、リスナの前方の中央に1チャンネル(C)が配置される。Cチャンネルは、例えば映画音声におけるセリフを再生するためのものである。さらに、超低域を再生するための1チャンネルが任意の位置に配置される。この、5チャンネル+超低域チャンネルの構成は、超低域は情報の伝送量が他の1/10で済むため、全体で5.1チャンネルと表現される。

【0006】映画だけでなく、通常の音楽演奏なども、サラウンド方式で録音されたものを、対応する方式で再生することで、より臨場感のある演奏を楽しむことができる。音楽演奏の場合には、通常、F-L, F-R, R-LおよびR-Rの4チャンネルが用いられ、Cチャンネルは、用いられない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】サラウンド方式で録音する際には、4チャンネルにより形成される音場に対応した残響音を付加する必要がある。従来では、モノラル入力/ステレオ出力の残響音付加装置を2台用いる場合が多かった。また、残響音付加装置は、より高品位の残響を得るために、ディジタル方式のものが用いられる。

【0008】例えば、ステージ上にあると想定された一つの音源を録音する際に、一方の残響音付加装置によって、リスナに対してステージ側に想定されたF-L, F-Rチャンネルに対応する残響を付加し、他方の残響音付加装置によって、リスナに対して後方に想定されたR-L, R-Rチャンネルに対応する残響を付加する。

【0009】位置によって残響が異なるため、これら2台の残響音付加装置は、それぞれ別の設定とされる。このように、従来では、サラウンド方式に対応した録音を行う際には、残響音付加装置を2台用いる必要があるため、操作が不便であるという問題点があった。

【0010】また、実際のホールなどでの残響音は、ホールの形状や音源の位置などにより、音が様々に反射や干渉などを起こし、より複雑な波形となっている。しかしながら、上述のように、元のディジタルオーディオ信号をフィルタ処理する方法では、単純に減衰した波形が

得られるだけなので、どうしても人工的な印象を免れないという問題点があった。

【0011】一方、例えば所定の音場を有する音源は、ステレオで収録する必要がある。この場合には、ステレオ入力に対応した残響音付加装置が用いられる。しかしながら、従来の、ステレオ入力対応の残響音付加装置は、人工的にステレオ音像を作り出すため、音像が不自然であるという問題点があった。

【0012】より自然な残響を得るために、実際のホールで録音を行うことも考えられる。しかしながら、ホールでの録音は、機材の搬入など、非常に手間がかかるといった問題点があった。また、ホールは、借りたときに借りれないといった問題点があった。さらに、ホールでの録音は、マイクのセッティングなどにノウハウが必要であるという問題点があった。さらにまた、暗騒音を下げするために、空調施設などを停止させる必要があるという問題点があった。

【0013】したがって、この発明の目的は、サラウンド方式に対応した高品位な残響音を、容易に得ることができるようなインパルス応答収集方法および効果音付加装置ならびに記録媒体を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明は、上述した課題を解決するために、インパルス応答のたたみ込みを行うことによって効果音を生成する際に用いられるインパルス応答の収集方法において、測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された4個以上の測定手段のそれぞれで測定する測定のステップと、測定された音響のそれぞれをインパルス応答に変換する変換のステップとを有することを特徴とするインパルス応答の収集方法である。

【0015】また、この発明は、インパルス応答のたたみ込みを行うことによって効果音を生成する際に用いられるインパルス応答の収集方法において、ステレオ方式に対応する2箇所のそれぞれで測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された2個以上の測定手段のそれぞれで測定する測定のステップと、測定された音響のそれぞれをインパルス応答に変換する変換のステップとを有することを特徴とするインパルス応答の収集方法である。

【0016】また、この発明は、測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された4個以上の測定手段のそれぞれで測定する測定のステップと、測定された音響のそれぞれをインパルス応答に変換する変換のステップとから得られたインパルス応答データが記録されたことを特徴とするコンピュータによって読み取り可能な記録媒体である。

【0017】また、この発明は、ステレオ方式に対応する2箇所のそれぞれで測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された2個以上の測定手段の

それぞれで測定する測定のステップと、測定された音響のそれぞれをインパルス応答に変換する変換のステップとから得られたインパルス応答データが記録されたことを特徴とするコンピュータによって読み取り可能な記録媒体である。

【0018】また、この発明は、入力されたデジタルオーディオ信号に対してインパルス応答データをたたみ込むことによって効果音を付加する効果音付加装置において、同一空間の複数箇所にそれぞれ対応した複数のインパルス応答データが記録された記録媒体から複数のインパルス応答データを再生する再生手段と、デジタルオーディオ信号を入力する入力手段と、再生手段によって再生された複数のインパルス応答データによって、入力手段によって入力されたデジタルオーディオ信号をそれぞれたたみ込む複数のたたみ込み手段とを有することを特徴とする効果音付加装置である。

【0019】上述したように、請求項1に記載のこの発明は、測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された4個以上の測定手段のそれぞれで測定し、測定された音響のそれぞれをインパルス応答に変換しているため、サラウンド方式に対応したインパルス応答を収集することができる。

【0020】また、上述したように、請求項2に記載のこの発明は、ステレオ方式に対応する2箇所のそれぞれで測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された2個以上の測定手段のそれぞれで測定し、測定された音響のそれぞれをインパルス応答に変換しているため、ステレオ入力で且つステレオ出力に対応したインパルス応答を収集することができる。

【0021】また、上述したように、請求項5に記載のこの発明は、測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された4個以上の測定手段のそれぞれで測定し、測定された音響のそれぞれをインパルス応答に変換して得られたインパルス応答データが記録媒体に記録されているため、実空間の、サラウンドに対応したインパルス応答の保存および再生を行うことができる。

【0022】また、上述したように、請求項6に記載のこの発明は、ステレオ方式に対応する2箇所のそれぞれで測定用信号に基づき発生された空間の音響を、空間的に配置された2個以上の測定手段のそれぞれで測定し、測定された音響のそれぞれをインパルス応答に変換して得られたインパルス応答データが記録媒体に記録されているため、実空間の、ステレオ入力およびステレオ出力に対応したインパルス応答の保存および再生を行うことができる。

【0023】また、上述したように、請求項8に記載のこの発明は、同一空間の複数箇所にそれぞれ対応した複数のインパルス応答データが記録された記録媒体から複数のインパルス応答データを再生し、入力されたデジタルオーディオ信号を、再生された複数のインパルス応

答データによってそれぞれたたみ込む複数のたたみ込むようにしているため、実空間のインパルス応答を再現することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明の一実施形態について説明する。この一実施形態における効果音付加装置は、入力されたデジタルオーディオ信号からなる原音に対して残響音を付加する残響付加装置であって、実際のホールなどの残響を収集することで得られたインパルス応答データにより入力デジタルオーディオ信号をたたみ込み、付加する残響音を得る。

【0025】図1は、この一実施形態による残響音を従来の巡回型フィルタによる残響音と比較して示す。図1Aに示される従来技術による残響音は、原音に対して所定時間遅延されて初期反射音が発生され、さらに所定時間遅延されてフィルタにより生成された残響音が付加されている。付加される残響音は、単純な減衰曲線で残響音が減衰する。これに対して、この一実施形態では、実際に収録されたデータに基づくインパルス応答によって残響音を生成しているため、図1Bに示されるように、実際のホールなどでの音響特性を反映した、単純な減衰曲線ではない残響音を得られる。これにより、より自然で高品位な残響音を得ることができる。

【0026】この発明は、このような自然な残響音を得るための、インパルス応答の収集方法を与えるものである。特に、この発明では、サラウンド方式に用いて好適なインパルス応答の収集方法を与えるものである。図2は、この発明によるインパルス応答収集装置97の構成の一例を示す。この例では、鉄板エコー装置92のインパルス応答を測定する。インパルス応答収集装置97は、例えばパーソナルコンピュータにより構成できる。この装置97では、インパルス応答測定用の信号を発生し、測定対象に対して出力すると共に、測定結果を収集し、測定結果をインパルス応答データに変換する。インパルス応答データは、例えばファイルとして保存される。

【0027】測定用信号発生部90で、インパルス応答を測定するためのTSP（タイムストレッチパルス）信号が発生される。TSP信号は、スイープ信号の一種であり、逆特性の信号で割ることによって、インパルス信号が得られる。インパルス応答を測定するためには、直接的にインパルス信号を発生させるのがより好ましいが、測定が困難であるため、このような方法を用いる。測定用信号発生部90で発生されたTSP信号は、D/A変換器91を介してアナログ信号に変換され、鉄板エコー装置92に入力される。

【0028】鉄板エコー装置92では、入力されたTSP信号により、残響音を発生する。この残響音は、L（左）およびR（右）チャンネルのアナログオーディオ信号として出力される。これらの出力は、A/D変換器

93でLおよびRチャンネルそれぞれのデジタルオーディオ信号とされる。A/D変換器93では、例えばサンプリング周波数が48kHzあるいは96kHz、量子化ビット数が24ビットでサンプリングが行われる。A/D変換器93の出力は、LおよびRチャンネルのそれぞれがインパルス応答収集装置97に入力される。入力された信号は、例えば図示されないハードディスク装置やメモリなどに記憶される。

【0029】なお、残響時間は、音が止まってから音圧レベルが60dB減衰するまでの時間と定められている。この例では、量子化ビット数の24ビットにおいて、1ビットに対して6dBが割り当てられる。

【0030】測定用信号発生部90によるTSP信号の発生は、N回行われる。N回分の出力信号は、同期加算部94で同期加算される。同期加算は、例えばTS信号の発生タイミングに基づき出力信号を描えるようにしてなされる。N回分の信号を同期加算することにより、再現性のある信号のみが加算され、ランダムに発生されるノイズ成分は加算されないため、S/N比を向上させることができる。S/N比は、(10logN)dB向上される。例えば、S/N比は、N=16で12dB向上される。

【0031】同期加算された信号は、LおよびRチャンネルのそれぞれがインパルス応答変換部95に供給される。インパルス応答変換部95では、供給された信号を、TSP信号の逆特性を有する信号で割る。これにより、TSP信号がインパルス信号に変換され、測定結果が、インパルス信号により発生された残響音に基づくインパルス応答に変換される。インパルス応答データは、サンプリング周波数に対応した間隔で得られる波高値である。A/D変換器93により24ビットの量子化ビット数でサンプリングされた信号は、変換後は、量子化ビット数が32ビットとされる。

【0032】インパルス応答変換部から出力された、Lチャンネルのインパルス応答データ96LおよびRチャンネルのインパルス応答データ96Rは、CD-ROMやMOといった、所定の記録媒体に記録される。インパルス応答収集装置97にイーサネットなどのインターフェイスを設け、ネットワークを介して外部へ供給するようにしてもよい。

【0033】図3は、ホールでインパルス応答を収集する場合の例を示す。ホール101は、ステージ部101Aおよび客席部101Bを有する。ステージ部101Aの所定位置に、音源102が据えられる。音源102は、例えば球面上の互いに異なる12方向にスピーカが設けられた12面体スピーカである。客席部101Bには、LおよびRチャンネルにそれぞれ対応したマイクロフォン103Lおよび103Rが所定位置に据えられる。

【0034】インパルス応答収集装置97から出力され

たTSP信号がD/A変換器91でアナログ信号に変換され、アンプ100で増幅され、音源102で音声として再生される。この再生音を、マイクロフォン103Lおよび103Rで収録する。マイクロフォン103Lおよび103Rの出力は、それぞれA/D変換器93で所定のサンプリング周波数および量子化ビット数でサンプリングされ、LおよびRチャンネルのデジタルオーディオ信号とされ、インパルス応答収集装置97に供給される。インパルス応答収集装置97での処理は、上述の鉄板エコー装置92での処理と、全く同一である。

【0035】この場合、音源102の位置を様々に変えて、インパルス応答の収集が行われる。また、音源102として用いられるスピーカも、その銘柄などを様々に変えて収集が行われる。同様に、マイクロフォン103Lおよび103Rも、その位置および銘柄を様々に変えて収録が行われる。こうして、1つのホール101において、複数のデータが収集される。これらは、例えば残響音付加の際に、残響音のバリエーションとして選択可能とすることができる。

【0036】一方、インパルス応答変換部95で得られたインパルス応答データ96Lおよび96Rは、加工することができる。図4は、インパルス応答データの加工の際の処理の流れを、概略的に示す。インパルス応答データ110は、加工処理111を施される。図5は、加工処理111の例を示す。図5Aに一例が示されるように、データには、音の伝搬によるシステムディレイが存在する(図中の「A」の部分)。加工処理111で、このシステムディレイ部Aの値が〔0〕に固定され、この部分のノイズが除去される。

【0037】また、データの後半は、データの終端を〔0〕に収束させるために、フェードアウト処理が施される。このフェードアウト処理により、後半の微小レベルの信号部分のノイズ除去もなされる。図5Bおよび図5Cは、このフェードアウト処理の例を示す。

【0038】図5Bは、減衰の指数関数に基づきフェードアウト処理を行う例である。例えば、元のインパルス応答を $h(n)$ として、フェードアウト関数を $F_a(n)$ とする。 n は、インパルス応答データのポイントを表す。なお、インパルス応答データのポイントとは、デジタルオーディオ信号のサンプリング点のポイントとは、互いに対応する。このとき、 $F_a(n)$ において、 $n \leq 0$ であれば、 $F_a(n) = 1$ である。一方、 $n > 0$ であれば、 $F_a(n)$ は、図5Bのような減衰の指数関数とされる。

【0039】出力データ $x(n)$ は、次式(1)に示されるように、

$$x(n) = h(n) \cdot F_a(n-a) \quad \cdots (1)$$

となる。値 a は、元のインパルス応答における直接音の位置を、サンプル数で表したものである。このように、フェードアウトは、直接音の位置よりも後ろで行われ

る。これは、直接音と同じ位置、すなわち $n=0$ の時点でフェードアウトを開始すると、直接音自体のレベルも低下してしまうからである。

【0040】なお、フェードアウト関数は、減衰の指数関数に限られない。例えば、図5Cに示されるように、直線的な減衰特性としてもよい。

【0041】また、フェードアウトによって、このデータを用いて実際にオーディオ信号に残響音を付加する残響付加装置の処理能力に適合するように、インパルス応答データのポイント数を調整することができる。すなわち、インパルス応答データのポイント数を所定値、例えば256kポイント(262, 144ポイント: 端数を省略して、256kポイントと記述する。 2^n の値の表現については、以下同様とする)に制限するときには、例えば図4Aに示されるように、128kポイントの時点でフェードアウトを開始し、256kポイントの時点でデータが〔0〕になるようにする。

【0042】加工処理111としては、上述の他に、レベル調整なども行われる。加工されたインパルス応答データは、FIRフィルタによるたたみ込みの際の、FIRフィルタ係数112として、例えばCD-ROM45に記録される。

【0043】図6は、このようにして作成されたインパルス応答データを用いてたたみ込みを行う、残響付加装置の構成の一例を、概略的に示す。残響音を付加したいデジタルオーディオ信号が入力端120から入力される。入力データは、乗算器126に供給されると共に、プリディレイ121によって遅延され、プリディレイを与えられる。プリディレイ121の出力は、たたみ込み処理部122に供給される。

【0044】たたみ込み処理部122は、LおよびRチャンネルそれぞれのFIRフィルタ(フィルタ122Lおよびフィルタ122R)からなる。上述のインパルス応答収集装置97で作成された、インパルス応答データ96Lおよび97Rが対応するチャンネルのFIRフィルタ係数として、端子123Lおよび123Rから供給される。これらインパルス応答データ96Lおよび96Rは、例えばCD-ROMから読み出されて得られる(図示しない)。

【0045】フィルタ122Lおよび122Rでは、インパルス応答データ96Lおよび97Rによって、入力されたデジタルオーディオ信号のたたみ込みが行われる。このたたみ込みの結果、インパルス応答データ96Lおよび96Rに基づく残響音が生成される。フィルタ122Lおよび122Rの出力は、それぞれ乗算器124Lおよび124Rに供給される。

【0046】乗算器124L、124Rおよび上述の乗算器126と、加算器128Lおよび128Rとで、原音(ドライ成分)と残響音(ウェット成分)との混合器が構成される。端子127および125にそれぞれ供給

された原音および残響音の比率に応じて、乗算器126および乗算器124L、124Rで入力デジタルオーディオ信号およびたたみ込み処理部122の出力が調整され、加算器128Lおよび128Rで、これらの信号が加算され、Lチャンネルの出力が出力端129Lに、Rチャンネルの出力が出力端129Rに、それぞれ導出される。

【0047】さらに、この発明では、サラウンド方式に対応するようなインパルス応答の収集方法を与える。図7は、サラウンド方式に対応するように、インパルス応答を収集する場合の一例を示す。インパルス応答の収集は、上述と同様に、ステージ部101Aおよび客席部101Bとを有するホール101で行われる。ステージ部101Aの所定位置に、例えば12面体スピーカからなる音源102が据えられる。

【0048】客席部101Bには、サラウンド方式に対応して、客席部101Bには、4本のマイクロフォン103FL, 103FR, 103RLおよび103RRが所定位置に据えられる。すなわち、マイクロフォン103FLおよび103FRは、客席部101Bのフロント側のLおよびRチャンネル(F-LおよびF-Rチャンネル)にそれぞれ対応する。また、マイクロフォン103RLおよび103RRは、客席部101Bのリア側のLおよびRチャンネル(R-LおよびR-Rチャンネル)にそれぞれ対応する。

【0049】これらマイクロフォン103FL, 103FR, 103RLおよび103RRの位置は、一例として、客席部101Bの、ステージ部101Aに対する最適位置にリスナが着席していることを想定して、リスナに対してサラウンド効果が十分に得られるような位置とされる。

【0050】マイクロフォン103FL, 103FR, 103RLおよび103RRのそれぞれの出力は、A/D変換器93'に供給される。A/D変換器93'は、上述のA/D変換器93を、4チャンネル分の信号処理を可能なように拡張したものである。A/D変換器93'において、所定のサンプリング周波数および量子化ビット数でサンプリングされ、F-L(フロント左チャンネル), F-R(フロント右チャンネル), R-L(リア左チャンネル)およびR-R(リア右チャンネル)のデジタルオーディオ信号とされ、インパルス応答収集装置97'に供給される。

【0051】インパルス応答収集装置97'は、上述のインパルス応答収集装置97を、4チャンネル分の信号処理が可能なように拡張したものである。インパルス応答収集装置97では、上述の鉄板エコー装置92での処理と同様な処理がF-L, F-R, R-LおよびR-Rの4チャンネルに対応してなされ、4チャンネル分のインパルス応答データ96F-L, 96F-R, 96R-Lおよび96R-Rが得られる(図示しない)。

【0052】この場合でも、上述と同様に、音源102の位置を様々に変えて、インパルス応答の収集が行われる。また、音源102として用いられるスピーカも、その銘柄などを様々に変えて収集が行われる。同様に、4本のマイクロフォン103FL、103FR、103RLおよび103RRも、その位置および銘柄を様々に変えて収録が行われる。こうして、1つのホール101において、複数のデータが収集される。これらは、例えば残響音付加の際に、残響音のバリエーションとして選択可能とすることができる。

【0053】また、この場合でも、上述と同様に、インパルス応答データの加工を行うことができる。加工などをされたインパルス応答データは、同様にしてCD-ROM45に記録される。

【0054】図8は、図7に示した方法に基づき収集されたインパルス応答に基づき、入力データに対してサラウンド方式に対応した残響音を付加する残響付加装置の構成の一例を示す。残響音を付加したいデジタルオーディオ信号が入力端130から入力される。入力データは、F-L、F-R、R-LおよびR-Rチャンネルそれぞれのドライ成分を得るために乗算器乗算器136FL、136FR、136RLおよび136RRに供給されると共に、F-L、F-R、R-LおよびR-Rチャンネルそれぞれのウェット成分を得るために、プリディレイ131FL、131FR、131RLおよび131RRに供給される。

【0055】この例では、F-L、F-R、R-LおよびR-Rチャンネルのそれぞれは、独立して同様の処理がなされる。以下、これら4チャンネル分の処理を、F-Lチャンネルで代表して説明する。F-Lチャンネルの入力データは、プリディレイ131FLによって遅延されプリディレイを与えられる。プリディレイ313FLの出力は、インパルス応答データのたたみ込み処理を行うFIRフィルタ132FLに供給される。

【0056】FIRフィルタ132FLには、フィルタ係数として、上述のインパルス応答収集装置97'で作成された、F-Lチャンネルのインパルス応答データ96FLが端子133FLから供給される。これらインパルス応答データ96FLは、例えばCD-ROM45から読み出されて得られる(図示しない)。

【0057】FIRフィルタ132FLでは、インパルス応答データ96FLによって、入力されたデジタルオーディオ信号のたたみ込みが行われる。このたたみ込みの結果、インパルス応答データ96FLに基づく残響音が生成される。FIRフィルタ132FLの出力は、乗算器134に供給される。

【0058】乗算器134FLおよび上述の乗算器136FLと、加算器138FLとで、F-Lチャンネルの原音(ドライ成分)と残響音(ウェット成分)との混合器が構成される。端子137および135にそれぞれ供

給された原音および残響音の比率に応じて、乗算器136FLおよび乗算器134FLで、入力端130から直接的に入力された入力デジタルオーディオ信号およびFIRフィルタFL132の出力が調整され、加算器138FLで、これらの信号が加算される。加算出力は、F-Lチャンネルの出力として出力端139FLに導出される。

【0059】他の3チャンネルでも、このF-Lチャンネルと同様な処理がなされる。例えば、F-Rチャンネルの入力データは、フィルタ132FRで対応するチャンネルのインパルス応答データ96FRによってたたみ込み処理をされ、乗算器137FR、136FRおよび加算器138FRからなる混合器でドライ成分とウェット成分の比率を調整され、F-Rチャンネルの出力として出力端139FRに導出される。

【0060】このようにして、F-L、F-R、R-LおよびR-Rチャンネルのそれぞれに対して、対応するチャンネルのインパルス応答データに基づく残響音が付加される。リスナは、ホール101の音響をサラウンド方式で再現することができる。例えばリスナは、再生時に所定の位置で聴くことにより、恰もホール101の客席部101Bに居るかのような効果を楽しむことができる。

【0061】図9は、ステレオ入力に対応するようにインパルス応答を収集する場合の一例を示す。この場合には、LおよびRチャンネルにそれぞれ対応した、例えば12面体スピーカである音源102Lおよび102Rがステージ部101Aにそれぞれ据えられる。音源102Lは、客席部101Bから向かって左側の所定位置に、音源102Rは、向かって右側の所定位置に、それぞれ据えられる。一方、客席部101Bには、上述の図2に示した例と同様に、LおよびRチャンネルにそれぞれ対応した2本のマイクロフォン103F-Lおよび103F-Rが所定位置に据えられる。

【0062】アンプ100からのTSP信号は、音源102Lおよび102Rのうち、選択部104によって選択された音源に供給される。選択部104は、スイッチであってもよいし、ケーブルの脱着によって直接的に接続を切り替えるようにしてもよい。

【0063】インパルス応答の収集は、LおよびRチャンネルのうち、片方ずつ行われる。選択部104の選択により、例えば音源102Lが選択される。音源102LでTSP信号が再生され、マイクロフォン103F-Lおよび103F-Rでこの再生音が収録される。マイクロフォン103F-Lおよび103F-Rの出力がA/D変換器93を介してインパルス応答収集装置97に供給され、インパルス応答変換処理をされ、音源がLチャンネルのときのLおよびRチャンネルのインパルス応答データ96L/F-Lおよび96L/F-Rが得られる。

【0064】音源102Rについても、同様にインパルス応答の収集が行われ、選択部104の選択により音源102Rで再生されたTSP信号がマイクロフォン103F-Lおよび103F-Rで収録される。そして、インパルス応答収集装置97での処理により、音源がRチャンネルのときのLおよびRチャンネルのインパルス応答データ96R/F-Lおよび96R/F-Rが得られる。

【0065】このようにして得られたインパルス応答データ96L/F-L、96L/F-R、96R/F-L 10 および96R/F-Rは、例えば所定の加工処理を施された後、CD-ROM45に記録される。

【0066】図10は、図9に示した方法に基づき収集されたインパルス応答に基づき、ステレオで入力されたデータに対してステレオで残響音を付加する残響付加装置の構成の一例を示す。Lチャンネルの入力データが入力端140Lから供給される。また、Rチャンネルの入力データが入力端140Rから供給される。

【0067】先ず、Lチャンネルの処理について説明する。入力端140Lから供給された入力データは、ドライ成分の比率を調整する乗算器146Lに供給されると共に、プリディレイ141LLおよび141LRに供給され、それぞれ独立してプリディレイを与えられる。プリディレイ141LLおよび141LRの出力は、それぞれインパルス応答のたたみ込みを行うフィルタ142LLおよび142LRに供給される。

【0068】フィルタ142LLは、端子143LLから供給されたインパルス応答データ96L/F-Lによって、プリディレイ141LLから供給されたデータに対するたたみ込み処理を行う。フィルタ142LLの出力は、ウェット成分の比率を調整する乗算器144LL 30 に供給される。

【0069】同様に、プリディレイ141LRの出力に対して、フィルタ142LRで、端子143LRから供給されたインパルス応答データ96R/F-Rによるたたみ込み処理が行われる。フィルタ142LRの出力は、ウェット成分の比率を調整する乗算器144LRに供給される。

【0070】次に、Rチャンネルの処理について説明する。入力端140Rから供給された入力データは、ドライ成分の比率を調整する乗算器146Rに供給されると共に、プリディレイ141RLおよび141RRに供給され、それぞれ独立してプリディレイを与えられる。プリディレイ141RLおよび141RRの出力は、それぞれインパルス応答のたたみ込みを行うフィルタ142RLおよび142RRに供給される。

【0071】フィルタ142RLは、端子143RLから供給されたインパルス応答データ96R/F-Lによって、プリディレイ141RLから供給されたデータに対するたたみ込み処理を行う。フィルタ142RLの出 50

力は、ウェット成分の比率を調整する乗算器144RLに供給される。

【0072】同様に、プリディレイ141RRの出力に対して、フィルタ142RRで、端子143RRから供給されたインパルス応答データ96R/F-Rによるたたみ込み処理が行われる。フィルタ142RRの出力は、ウェット成分の比率を調整する乗算器144RRに供給される。

【0073】乗算器144LL、144LRおよび146Lは、Lチャンネルの入力に対してドライ成分およびウェット成分の比率を調整する。端子147Lから乗算器146Lに対して、Lチャンネルのドライ成分の比率が与えられる。また、端子145LLおよび145LRから、乗算器144LLおよび144LRのそれぞれに対して、ウェット成分の比率が独立して与えられる。乗算器146Lおよび144LLの出力が加算器148Lに供給される。加算器148Lには、さらに、後述する乗算器144RLの出力が供給される。加算器148Lでこれら3つの出力が加算され、加算出力がLチャンネルの出力として出力端149Lに導出される。

【0074】一方、乗算器144RR、144RLおよび146Rは、Rチャンネルの入力に対してドライ成分およびウェット成分の比率を調整する。端子147Rから乗算器146Rに対して、Rチャンネルのドライ成分の比率が与えられる。また、端子145RRおよび145RLから、乗算器144RRおよび144RLのそれぞれに対して、ウェット成分の比率が独立して与えられる。乗算器146Rおよび144RRの出力が加算器148Rに供給される。加算器148Rには、さらに、上述した乗算器144LRの出力が供給される。加算器148Rでこれら3つの出力が加算され、加算出力がRチャンネルの出力として出力端149Rに導出される。

【0075】このように、ステレオ入力対応の場合には、LおよびRチャンネルの入力データのそれぞれに対して、音源102Lおよび102RのそれぞれによるLおよびRチャンネルの残響音が各々付加される。そして、出力において、残響音のチャンネル毎に混合される。入力されたLおよびRチャンネルのそれぞれに対して、実際にLおよびRチャンネル毎にステレオで収集されたインパルス応答をたたみ込んで残響音を付加しているので、自然なステレオ音像が得られる。

【0076】なお、図9に点線で示されるように、さらにリア側に2本のマイクロフォン103R-Lおよび103R-Rを据えてもよい。こうすることで、ステレオ方式に加え、さらにサラウンド方式に対応した測定を行うことができる。この方法では、LおよびRチャンネルの音源のそれぞれに対して、4本のマイクロフォン103F-L、103F-R、103R-Lおよび103R-Rによるインパルス応答が収集され、全部で8通りのインパルス応答データが得られる。したがって、再生時

には、図10に示される構成を、もう一組用意する必要がある。同様に、図示しないが、マイクロフォン103F-Lおよび103F-Rの中間に、センターマイクロフォンを追加してもよい。

【0077】図11は、この残響付加装置の構成の一例を、より具体的に示す。この残響付加装置1は、2チャンネル(1ch/2ch)分のデジタルオーディオ信号が、AES/EBU(Audio Engineering Society/European Broadcasting Union)の規格に基づくデジタルオーディオ入力端子10から入力される。入力端子10から供給されたデジタルオーディオ信号は、デジタル入力部11を介してインプットスイッチ12に供給される。

【0078】入力されるデジタルオーディオ信号は、例えばサンプリング周波数が48kHz、量子化ビット数が24ビットである。なお、後述するオプションボード50をこの装置1に装着することで、扱うことができるサンプリング周波数を2倍の96kHzとすることが可能とされる。また、これらの例に限らず、例えばサンプリング周波数44.1kHzのデジタルオーディオ信号にも対応可能とすることができる。この場合には、オプションボード50装着時には、サンプリング周波数が88.2kHzの信号を扱うことが可能とされる。

【0079】残響付加装置1に対してアナログオーディオ信号を入力する場合には、アナログオーディオ入力端子13L、13Rが用いられる。L(左)およびR

(右)チャンネルのオーディオ信号のそれぞれは、入力端子13Lおよび13Rの対応する側から入力され、A/D変換器14で例えば48kHzのサンプリング周波数で量子化ビット数が24ビットでサンプリングされ、デジタルオーディオ信号に変換される。A/D変換器14の出力は、インプットスイッチ12に供給される。

【0080】インプットスイッチ12は、後述するコントローラ40の制御あるいは手動の切り替えスイッチにより、入力オーディオ信号の系統を切り替える。インプットスイッチ12の出力は、経路31を通して、DSP(Digital Signal Processor)30に供給される。

【0081】DSP30は、DRAM(Dynamic Random Access Memory)を有し、後述するコントローラ40から供給されるプログラムに基づき、入出力されるデジタルオーディオ信号の様々な制御を行う。DSP30は、所定のプログラムに基づき、供給されたデジタルオーディオ信号を、インパルス応答のたたみ込み演算を行うためのDSP32A~32Kに供給する。また、DSP30では、入力信号に基づき初期反射音を生成する。さらに、DSP30には、後述するDSP34から、インパルス応答のたたみ込み演算結果が供給される。

【0082】DSP32A~32Kは、DSP30から供給されたデジタルオーディオ信号を、それぞれ所定

のサイズのブロックに切り出し、予め供給されたインパルス応答データによるたたみ込み演算を行う。DSP32A~32Kは、それぞれ処理するサンプル数に応じた容量のDRAMを有する。この例では、DSP32A~32Hはそれぞれ1個ずつ、DSP32Iは2個、DSP32J、32Kは4個ずつ、容量が16MビットのDRAMを有する。

【0083】DSP32A~32Kにより行われた、ブロック毎でのインパルス応答のたたみ込み演算結果は、加算器33で加算され、DSP34を介してDSP30に供給される。DSP34では、加算結果のオーバーフローが検出され、例えばオーバーフローを起こしたデータが所定値に固定される。

【0084】DSP30では、入力デジタルオーディオ信号と、上述の初期反射音と、DSP34を介して供給されたインパルス応答のたたみ込み演算結果とを混合することで、入力デジタルオーディオ信号に対して残響音を付加して出力する。DSP30の出力35は、アウトプットスイッチ18に供給される。

【0085】なお、形成された残響音および処理されていない入力デジタルオーディオ信号は、それぞれ「ウェット成分」および「ドライ成分」とも称される。DSP30では、これらウェット成分およびドライ成分の混合比を、LおよびRチャンネルのそれぞれについて、自在に変更することができる。それと共に、DSP30では、出力信号のレベル調整なども行われる。

【0086】また、DSP30に対して、取り扱うデジタルオーディオ信号のサンプリング周波数に対応した周波数のクロックFSあるいは2FSが供給される。DSP30での信号処理は、このクロックに基づきなされる。

【0087】アウトプットスイッチ18は、後述するコントローラ40の制御あるいは手動の切り替えスイッチにより、出力信号の系統を切り替える。出力は、デジタルおよびアナログのオーディオ信号として出力できる。アウトプットスイッチ18からデジタル出力部19を介して、AES/EBU規格による出力端子20に対して、2チャンネル分のデジタルオーディオ信号が導出される。また、アウトプットスイッチ18から出力されたデジタルオーディオ信号は、D/A変換器21でLおよびRチャンネルのアナログオーディオ信号に変換される。LおよびRチャンネルのアナログオーディオ信号は、それぞれアナログ出力端子22Lおよび22Rに導出される。

【0088】なお、この例では、入力端子10、入力端子13Lおよび13R、出力端子20、出力端子22Lおよび22Rのそれぞれには、ホット、コールドおよび独立したアースラインの3本の信号線を有する、キャン型が用いられている。

【0089】また、アウトプットスイッチ18によ

り、入力されたオーディオ信号に対する装置 1 内部での残響音付加処理をバイパスするように選択することもできる。バイパスが選択されると、入力されたデジタルオーディオ信号は、インプットスイッチ 12 からバイパス経路 17 を通ってアウトプットスイッチ 18 に直接的に供給される。

【0090】一方、この残響付加装置 1 の全体は、コントローラ 40 によって制御される。コントローラ 40 は、例えば CPU (Central Processing Unit) や RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、所定の入出力インターフェイスなどからなる。ROM は、例えばシステムを起動するための初期プログラムや、シリアル番号が予め記憶される。RAM は、CPU が動作するためのワークメモリであると共に、例えば外部からプログラムがロードされる。

【0091】コントローラ 40 は、例えば 8 ビットパラレルでバス 41 に接続される。バス 41 は、上述の DSP 30、32A~32H、34 にそれぞれ接続される。バス 41 を介して、コントローラ 40 と各 DSP 30、32A~32H、34 との間で通信が行われる。この通信により、コントローラ 40 から各 DSP 30、32A~32H、34 のそれぞれに対してプログラムが供給されると共に、コントローラ 40 と各 DSP 30、32A~32H、34 との間で、データやコマンドのやり取りが行われる。

【0092】また、上述したように、インプットスイッチ 12 およびアウトプットスイッチ 18 は、例えばバス 41 と接続され (図示しない)、コントローラ 40 によって制御される。

【0093】コントローラ 40 に対して、例えばフルドットの LCD (Liquid Crystal Display) からなる表示装置 42 が接続される。コントローラ 40 で生成された表示データに基づいて、表示装置 42 に対して所定の表示が行われる。

【0094】入力部 43 は、図示しないが、複数の入力手段、例えば回転角に対応してデータを入力するようにされたロータリエンコーダと、複数のプッシュスイッチを有する。これらの入力手段を操作することで、対応する制御信号が入力部 43 からコントローラ 40 に供給される。この制御信号に基づき、コントローラ 40 から各 DSP 30、32A~32H、34 に対して、所定のプログラムやパラメータなどが供給される。

【0095】この残響付加装置 1 には、CD-ROM (Compact Disc-ROM) ドライブ 44 が設けられる。CD-ROM ドライブ 44 に対して CD-ROM 45 が挿入され、CD-ROM 45 からデータやプログラムが読み出される。読み出されたデータやプログラムは、CD-ROM ドライブ 44 からコントローラ 40 に供給される。

【0096】例えば、CD-ROM 45 には、インパルス応答データが記録されている。CD-ROM 45 から

このインパルス応答データが読み出され、コントローラ 40 に供給される。そして、コントローラ 40 から DSP 32A~32K のそれぞれに対して、このデータが供給される。DSP 32A~32K では、供給されたインパルス応答データに基づき、インパルス応答のたたみ込み演算を行う。

【0097】なお、CD-ROM 45 に、様々な環境で収集されたインパルス応答データを多数、記録しておくことで、使用するインパルス応答に対応する環境と同様の残響効果を得ることができる。また、複数のインパルス応答データを組み合わせて用いることもできる。実際には存在しない空間をつくり出すことが可能である。さらに、インパルス応答データを、この残響付加装置 1 で加工することができる。例えば、読み出されたインパルス応答データを加工し、フェードアウト処理を行うことで、残響時間の調整を行う。

【0098】また、他の例として、CD-ROM 45 に、インパルス応答データをフーリエ変換により周波数要素データに変換したデータを記録するようにしてもよい。残響付加装置 1 における処理を軽減することができる。

【0099】さらに、CD-ROM 45 には、上述した表示部 42 に対する表示の際に用いられる表示データも格納される。

【0100】この残響付加装置 1 は、外部インターフェイスとして MIDI (Musical Instrument Digital Interface) を備える。MIDI 入力端子 46 から供給された MIDI 信号は、コントローラ 40 に供給される。供給された MIDI 信号に基づき、この装置 1 の所定の機能を制御することができる。また、コントローラ 40 において、MIDI 信号を生成して出力することができる。MIDI 入力端子 46 から供給された MIDI 信号を加工して出力するようになる。コントローラ 40 から出力された MIDI 信号は、MIDI 出力端子 47 から外部の機器へと供給される。また、MIDI スルー端子 48 は、MIDI 入力端子 46 から供給された MIDI 信号を、そのまま出力する。

【0101】この残響付加装置 1 は、オプションボード 50 を装着することで、機能を拡張することができる。機能拡張の一例として、サンプリング周波数が 48 kHz のデジタルオーディオ信号を、さらに 2 系統、すなわち合計で 4 チャンネル分の信号を扱うことができるようになる。これにより、例えば上述したサラウンド対応の残響音付加や、ステレオ入力/ステレオ出力の残響音付加を、1 台の残響付加装置 1 で行うことができるようになる。

【0102】機能拡張の他の例として、2 チャンネル (1ch/2ch) 分のデジタルオーディオ信号を扱う際に、サンプリング周波数が 2 倍の 96 kHz である信号を扱うことができるようになる。

【0103】2チャンネル分(3ch/4ch)のデジタルオーディオ信号がオプションボード50を介して、端子15から入力される。このデジタルオーディオ信号は、デジタル入力部16を介してインプットスイッチ12に供給される。また、アウトプットスイッチ18から出力された、オプションボード50での処理に対応した2チャンネル分のデジタルオーディオ信号がデジタル出力部23を介して端子24に導出される。このデジタルオーディオ信号は、端子24からオプションボード50を介して外部に出力される。

【0104】オプションボード50とこの装置1とは、端子51~56および端子15、24で互いに接続される。図12は、オプションボード50の構成の一例を示す。このオプションボード50は、上述のDSP32A~32Kおよび加算器33による、インパルス応答のたたみ込み演算を拡張して実行できるようにしたものである。したがって、このオプションボード50には、上述のDSP32A~32Kと同様のDSP32L、32M、およびDSP60A~Lが設けられると共に、加算器61ならびに上述のDSP34に対応するDSP62とが設けられる。

【0105】ボード50上のバス41'は、端子56を介して装置1のバス41と接続される。ボード50上の各DSP32L、32M、およびDSP60A~Lは、バス41'を介して、コントローラ40との間で通信を行うことができる。

【0106】DSP32Lおよび32Mは、16MビットのDRAMを8個有し、上述のDSP32A~Kと共にたたみ込み演算を行う。入力デジタルオーディオ信号がDSP30から出力され、端子53を介してDSP32Lおよび32Mに対してそれぞれ供給される。DSP32Lおよび32Mによるたたみ込み演算結果は、それぞれ端子54および55を介して加算器33に供給され、他のDSP32A~32Kの演算結果と共に加算される。

【0107】一方、DSP60A~60Mは、例えば上述のDSP32A~32Mと並列的に処理を行う。入力デジタルオーディオ信号がDSP30から出力され、端子51を介してDSP60A~60Mに配分される。

【0108】例えば、オプションボード50の装着によって、1ch~4chまでの4チャンネル分の処理を行う場合には、DSP32A~32Mによって1chおよび2chのたたみ込み演算が行われ、DSP60A~60Mによって3chおよび4chのたたみ込み演算が行われる。また、サンプリング周波数が96kHzのデジタルオーディオ信号を扱う場合には、例えば同一のサンプル数からなるブロックが供給されるDSP同士、すなわち、DSP32Aおよび60A、DSP32Bおよび60B、・・・、DSP32Mおよび60Mがそれぞれ並列的にたたみ込み演算を行うことで、2倍速での処

理に対応することができる。

【0109】DSP60A~60Mでのたたみ込み演算結果は、それぞれ加算器61に供給され加算される。加算結果は、DSP62に供給され、上述のDSP34と同様にオーバーフロー処理をされ、端子52を介してDSP30に供給される。そして、DSP30において、必要に応じてドライ成分およびウェット成分の比率の調整や、他のチャンネルの信号との混合比の調整をされ、アウトプットスイッチ18に供給される。

10 【0110】なお、オプションボード50には、AES/EBUの規格に基づくデジタルオーディオ信号の入力端子63および出力端子64とが設けられる。入力端子63には、2チャンネル(3ch/4ch)分の信号が入力され、入力された信号は、端子15を介してインプットスイッチ12に供給される。同様に、アウトプットスイッチ18から出力された2チャンネル(3ch/4ch)分の出力信号は、端子24を介してこのボード50に供給され、出力端子64に導出される。なお、この例では、端子63および64は、キャノン型が用いられている。

20 【0111】図13は、この残響付加装置1のフロントパネル200の一例を示す。フロントパネル200の四隅には、この装置1をラックにマウントすることが可能のように、取り付け穴が設けられている。パネル200の左側に、電源スイッチ201が設けられ、その下方にCD-ROMドライブ44に対してCD-ROM45を装着するための、CD-ROM挿入部202が設けられる。スイッチ205を操作することで、CD-ROM挿入部202へのCD-ROM45の挿入および挿入部202からのCD-ROM45の取り出しを行うことができる。

30 【0112】パネル200の略中央部には、表示部203が設けられる。表示部203は、上述したLCD42に対応するものである。表示部203の右側に、ロータリエンコーダ204が設けられる。また、表示部203の下部に、ファンクションキー206、207、208および209が設けられる。これらロータリエンコーダ204およびファンクションキー206~209によって、この装置1の機能の選択やデータの入力などを行うことができる。

40 【0113】表示部203は、選択されている機能などにより様々な表示を行う。この例では、所定の残響音のタイプが選択された場合の、パラメータ表示が行われ、表示部203内の表示領域210には、選択された残響音に対して指定されたパラメータが感覚的に表示されると共に、表示領域211には、パラメータ名とパラメータ値が表示されている。

50 【0114】表示領域211の表示は、表示部203の下部に配置されたファンクションスイッチ206~209のそれぞれに対応している。例えば、ファンクション

キー 206～209 のうちの何れかを押すことで、押されたキーの直上に表示されているパラメータが選択される。そして、ロータリエンコーダ 204 を回転させると、そのパラメータが変更される。また例えば、所定の操作によって、表示部 203 に、別のページを表示させることも可能である。別のページでは、別のパラメータ値を変更することができる。

【0115】一方、この一実施形態においては、表示領域 210 に対して、現在設定されているパラメータ値に対応した波紋が表示され、そのパラメータ値による残響音の効果（音の広がり）が感覚的に把握できるようにされている。図 10 および図 11 は、この表示領域 210 の表示の例を示す。残響時間を短い値から長い値へと変更していくのに伴い、図 14A～図 14H、さらに、図 15A～図 15H というように、波紋の波数が増加される。

【0116】この例では、波紋は、残響時間の最小値から最大値までの値に段階的に対応した、16 段階の表示を有する。この 16 段階の表示は、残響時間に対して相対的である。波紋表示のための表示データは、CD-ROM 45 に格納されている。そして、例えばこの装置 1 の起動時に予め CD-ROM 45 から読み出され、コントローラ 40 が有する RAM に格納される。これに限らず、コントローラ 40 が有する ROM に予め格納しておくようにしてもよい。残響時間のパラメータを決定すると、波紋の表示は、そのときの表示が保持される。

【0117】このような表示を行うことにより、ユーザに対して、視覚的に印象を与えることができる。ユーザは、残響の効果を、感覚的に把握することができるようになる。すなわち、ユーザは、波紋により、残響音の広がり

10

20

30

40

【0118】なお、波紋の表示は、この例では表示領域 210 の左下から右上に向かって広がっていくように表示されているが、これはこの例に限定されない。図 12 は、表示領域 210 に対する波紋の表示の、他の例を示す。波紋の中心点および波紋が広がる方向は、任意に設定することができるが、例えば、左端を波紋の中心とすることができる（図 16A）。また、表示領域 210 の中心を波紋の中心とすることもできる（図 16B）。さらにまた、波紋の断面を表示するようにしてもよい（図 16C）。また、選択された残響音のタイプに応じて波紋の形状を変化させることもできる。さらに、この例では、波紋の表示は固定的に行われているが、1 段階のパラメータに対して複数枚の表示データを用意し、これらを連続的に切り替えて表示することで、アニメーション表示とすることもできる。

【0119】次に、DSP 32A～32M、DSP 60A～60M で行われる、インパルス応答のたたみ込み演算について説明する。なお、ここでは、繁雑さを避けるため、オプションボード 50 を用いずに、DSP 32A

～32K のみで行う演算について説明する。

【0120】図 17 は、DSP 32A～32K の各々における処理を概略的に示す。インパルス応答データは、コントローラ 40 の制御によって、例えば CD-ROM 45 から読み出され、予め DSP 32A～32K に対して供給され、DSP 32A～32K がそれぞれ備える DRAM に格納される。そして、各 DSP 32A～32K において、それぞれに対して定められている処理ブロックサイズに対応し、インパルス応答データが時間軸上の所定の間隔で区切られる。

【0121】ここで、各 DSP 32A～32K を DSP 32 として代表し、DSP 32 に処理されるインパルス応答の単位を N とする。例えば、この例では、DSP 32A は、128 ポイントのインパルス応答データのたたみ込み演算を行うようにされているため、 $N=128$ である。また、以下の説明において、1 ワードは、デジタルオーディオ信号の 1 サンプルデータに対応する。したがって、1 ワードは、時間軸上では（1/サンプリング周波数）の時間間隔を有し、デジタルデータとしては、量子化ビット数（24 ビット）のものである。

【0122】DSP 32 に供給された入力データは、N ワードからなるブロックデータに切り出される。したがって、最初の N ワード分の時間は、データの入力に費やされる。入力された N ワード分のデータは、DSP 32 が有する DRAM に格納される。そして、次の N ワード分の時間で、格納された N ワード分の入力データに対するインパルス応答のたたみ込み演算が行われる。演算が全て終了すると、N ワード分の演算結果が出力される。したがって、N ワードの演算において、データの入出力に対して 2N ワード分の遅延が生じることになる。

【0123】図 18 は、DSP 32 における処理を、さらに詳細に示す。DSP 32 では、周知の技術である、巡回たたみ込みにおけるオーバーラップセーブメソッドを用いて、インパルス応答のたたみ込み演算を行っている。

【0124】すなわち、図 18 に示されるように、時間軸に従い N ワード毎に供給される、第 n 番目のブロック 80B と、一つ前の第 (n-1) 番目のブロック 80A とに対して DFT (Discrete Fourier Transform) を行い、時間軸上のデータを、(N+1) ワードの実数部 81A と (N-1) ワードの虚数部 81B とからなる周波数要素データ 81 に変換する。

【0125】一方、インパルス応答データ 82 は、それぞれ N ワードの、実データ 82A とゼロデータ 82B について予め DFT され、(N+1) ワードの実数部 83A と (N-1) ワードの虚数部 83B とからなる周波数要素データ 83 に変換されている。

【0126】入力データによる周波数要素データ 81 と、インパルス応答による周波数要素データ 83 の、互

50

いに対応する周波数要素同士が乗算され、乗算結果について、等しい周波数成分同士を足し合わせるフィルタ処理（たたみ込み）が行われる。この演算の結果、 $(N+1)$ ワードの実数部 84A と $(N-1)$ ワードの虚数部 84B とからなる周波数要素データ 84 が得られる。この周波数要素データ 84 に対して、DFT の逆の処理である IDFT して、 $2N$ ワードからなる時間軸上のデータ 86 が得られる。

【0127】IDFT の結果は、図 18 のデータ 85、86、87 に示されるように、 N ワード間隔で $2N$ ワードずつ得られる。データ 85、86、87 のそれぞれにおいて、前半の N ワードのデータ 85A、86A、87A が捨てられ、第 $(n-1)$ 番目のブロック、第 n 番目のブロック、第 $(n+1)$ 番目のブロックというように、出力データが得られる。第 n 番目の出力データは、対応する第 n 番目の入力データに対して 2 ブロック分、遅延している。

【0128】ブロックサイズを大きくとり、1 回の処理でより多くのインパルス応答データのたたみ込み演算を行うことで、長い残響時間を得ることができる。しかしながら、上述したように、入力されたブロックが出力されるまでには、2 ブロック分の遅延があるため、1 ブロックを大きくすると、残響処理の成分が出力されるまでの遅延時間が長くなり、実用的ではない。そこで、この一実施形態では、所望の残響時間を得るための処理を、それぞれ所定のポイント数（ワード数）に分割された複数のブロック毎に並列的に行う。

【0129】図 19 および図 20 は、この一実施形態による、複数のブロックに分割してのたたみ込み演算処理について示す。例えば 2^{18} ワード（256k ワード）のたたみ込み演算を行う場合を考える。この場合、デジタルオーディオ信号が 256k ワード（256k ポイント）のインパルス応答データによってたたみ込まれる。サンプリング周波数が 48kHz の場合で略 5.3sec、サンプリング周波数が 44.1kHz の場合で略 5.9sec の残響時間が得られる。

【0130】図 19 に一例が示されるように、全体 256k ワードが 2 分割され、2 分割されたうち時間軸上で前に位置する側がさらに 2 分割される。このように、時間軸上で前に位置する側が順次 2 分割される。そして、2 分割されたうち、時間軸上で後ろに位置する側のそれぞれは、さらに 2 分割され同一サイズの 2 ブロックが形成される。

【0131】図 20 は、図 19 における先頭の 8k ワードの部分 A を拡大して示す。この部分 A も、同様にして 2 分割されていくが、先頭の 256 ワードに関しては、128 ワードのブロックが 2 ブロック形成され、この 2 ブロックについてインパルス応答のたたみ込みが行われる。したがって、残響成分は、先頭の 256 ワード分遅延されて出力される。しかしながら、例えばサンプリン

グ周波数が 48kHz の場合、これは僅か 5msec の遅延であり、残響音付加の面から考えると、問題がない。

【0132】このように、全体が 2^{18} ワード（256k ワード）のこの例では、 2^1 ワード（128 ワード）、 2^2 ワード（256 ワード）、 2^3 ワード（512 ワード）、 2^4 ワード（1k ワード）、 2^5 ワード（2k ワード）、 2^6 ワード（4k ワード）、 2^7 ワード（8k ワード）、 2^8 ワード（16k ワード）、 2^9 ワード（32k ワード）および 2^{10} ワード（64k ワード）の、 2^n ワードのサイズを有するブロックがそれぞれ 2 ブロックずつ形成される。

【0133】DSP 32A～32K では、それぞれ同一ブロックサイズの組について処理が行われる。すなわち、図 19 および図 20 に示されるように、DSP 32A～32K に対して供給された入力データは、DSP 32A～32K のそれぞれにおいて、DSP 32A で 128 ワード、DSP 32B で 256 ワード、DSP 32C で 512 ワード、DSP 32D で 1k ワード、DSP 32E で 2k ワード、DSP 32F で 4k ワード、DSP 32G で 8k ワード、DSP 32H で 16k ワード、DSP 32I で 32k ワード、DSP 32J、32K で 64k ワードに、それぞれ切り出される。

【0134】128 ワードから 32k ワードまでの処理のそれぞれは、同一のブロックサイズの 2 つのブロックについてのたたみ込みの処理を、一つの DSP によって時分割的に行うようにしている。

【0135】すなわち、DSP 32A～32K のそれぞれにおいて、切り出されたブロックデータに対して対応するインパルス応答データによるたたみ込み演算が行われる。同一ブロックサイズの組の、後半のブロックについては、処理後、1 ブロック分遅延されて出力される。これにより、DSP 32A～32K のそれぞれにおいて、同一サイズの 2 ブロックが連続して出力される。DSP 32A～32K の出力を加算器 33 で加算することで、残響データ 88 が生成される。

【0136】なお、DSP 32A～32K のそれぞれに対して連続的に供給されるデータに対して、DSP 32A～32K のそれぞれの周期で処理を行い、その結果を加算することで、連続的に供給されるデータに対して残響音を付加することができることは、周知である。

【0137】図 21 は、各 DSP 32A～32K における、たたみ込み演算をするためのたたみ込みフィルタ 70 の構成の一例を示す。たたみ込みフィルタ 70 は、例えば、コントローラ 40 から DSP 32A～32K に対して供給される所定のプログラムに基づいて実現される。端子 71 からデジタルオーディオ信号が入力され、DFT 回路 72 に供給される。デジタルオーディオ信号は、DFT 回路 72 で時間軸上のデータから周波数要素データに変換される。DFT 回路 72 の出力は、

乗算器 74 に供給されると共に、遅延回路 73 に供給される。

【0138】遅延回路 73 は、N ワード分の遅延を有する。すなわち、DSP 32A～32K は、それぞれ $N=128, 256, 512, 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k$ および $64k$ であって、対応する遅延量を有する。遅延回路 73 で遅延されたデータは、乗算器 76 に供給される。

【0139】乗算器 74 では、端子 75 から、DFT されたインパルス応答データであるフィルタ係数 A が供給される。乗算器 74 で、DFT 回路 72 の出力およびフィルタ係数 A の対応する周波数要素同士の乗算がなされる。一方、乗算器 76 でも同様な処理が行われる。すなわち、端子 77 から、DFT されたインパルス応答データであるフィルタ係数 B が供給され、遅延回路 73 からの出力およびフィルタ係数 B の対応する周波数要素同士の乗算がなされる。

【0140】乗算器 74 および 76 それぞれの乗算結果は、加算器 78 で加算される。加算結果は、IDFT 回路 79 に供給され、周波数要素データが時間軸上のデータに変換され、端子 80 から出力される。

【0141】このように、たたみ込みフィルタ 70 では、入力データと、N ワード、すなわち 1 ブロック分遅延された入力データとの、2 ブロック分のデータを用いてたたみ込み演算が行われ、2 ワード分のデータが出力される。図 14 を用いて既に説明したように、出力された 2 ワード分のデータのうち、前半の 1 ワードは、捨てられる。

【0142】図 22 は、上述の図 21 の構成に基づく、たたみ込みフィルタ 70 の処理を、時間軸に対応して示す。図 22 の左端側には入力データが示され、右端側には、出力データが示される。また、図 22 は、全体的に、上側から下側へ向けて、時間の経過が示される。すなわち、複数のフィルタ 70 が存在するように示されているが、これらは、一つのフィルタの異なるタイミングでの処理を示す。このように、1 つ前のタイミングで DFT した結果が遅延回路 73 によって遅延されて、次のタイミングのフィルタ処理に用いられる。そのため、入力データに対して、2 ブロック分遅延された出力データが連続的に出力される。

【0143】図 23 は、DSP 32A～32K の並列処理の概略を示す機能ブロック図である。入力データが DSP 32A～32K のそれぞれに対して並列的に供給される。DSP 32A～32K は、それぞれ $N=128, N=256, N=512, N=1k, N=2k, N=4k, N=8k, N=16k, N=32k$ および $N=64k$ のポイントのたたみ込みを行う。そして、演算結果は、DSP 32A～32K のそれぞれから、2N ワード分遅延されて、加算器 22 に供給される。

【0144】例えば、DSP 32A に供給された入力デ

ータは、 $N=128$ ワードからなるブロックに切り出され、切り出されたブロックに対してたたみ込み処理を行い、入力タイミングに対して 2N ワード遅延されて演算結果が出力される。そして、次の N ワードのブロックが取り込まれ、同様な処理が繰り返される。DSP 32B～32K のそれぞれにおいて、同様の処理が行われる。

【0145】なお、上述では、インパルス応答収集装置 97 と、残響付加装置 1 とが別個の装置であるように記述したが、これはこの例に限定されない。すなわち、残響付加装置 1 に対して、TSP 信号を発生する測定用信号発生部 90 や、同期加算部 94 ならびにインパルス応答変換部 95 を持たせる。これらは、CPU と若干の周辺部品によって構成することが可能であることは言うまでもない。残響付加装置 1 が元々有する DSP 30 や DSP 34 などを利用することも可能である。このように、残響付加装置 1 に対してインパルス応答を収集する機能を持たせることで、ユーザ独自の効果音を得ることができる。

【0146】また、上述では、インパルス応答のたたみ込み処理を、DSP 32A～32K といった、ハードウェアで行っているが、これはこの例に限定されず、ソフトウェアで行うことも可能である。同様に、DSP 30 および 34 の処理も、ソフトウェアで行うことが可能である。

【0147】さらに、上述では、この発明が 5. 1 チャンネルあるいは 4 チャンネルのサラウンド方式に対応しているように説明したが、これはこの例に限定されない。インパルス応答の収集の際に再生方式に対応した位置にマイクロフォンを据えることで、この発明は、例えばフロントの L および R チャンネルにそれぞれ 2 本ずつのスピーカを配置し、リアに L および R チャンネルの 2 本のスピーカを配置するような方式にも適用できるものである。

【0148】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の一実施形態によれば、実際に実空間での計測により得られたインパルス応答を、丸ごとたたみ込んで残響音を生成しているため、自然で高品位な処理結果が得られるという効果がある。すなわち、この一実施形態によれば、残響音のピッチが入力した音のピッチと等しくなるという効果がある。

【0149】また、この発明の一実施形態によれば、インパルス応答を、TSP 信号による測定を複数回行い、得られた複数回分の結果を同期加算することで得ているため、実際の例えば鉄板エコー装置や、実際の空間によって得られる残響音よりも、高い S/N 比を実現することができる効果がある。

【0150】さらに、この発明の一実施形態によれば、実空間から得られたインパルス応答データを加工することで、実際の空間などでは行えない、残響時間の調整を

10

20

30

40

50

行うことができるという効果がある。

【0151】さらにまた、この発明によれば、1台の装置で4台分の出力を制御することができるため、操作が容易であるという効果がある。

【0152】また、この発明によれば、ステレオ入力時でも、自然な音像定位を得ることができるという効果がある。

【0153】さらに、この発明によれば、実際のホールでの録音と同様のマイクセッティングの効果音が容易に得られるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態による残響音を従来の巡回型フィルタによる残響音と比較して示す略線図である。

【図2】この発明によるインパルス応答収集装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図3】ホールでインパルス応答を収集する場合の例を示す略線図である。

【図4】インパルス応答の加工処理の一例を示す略線図である。

【図5】インパルス応答の加工処理の一例を示す略線図である。

【図6】インパルス応答データを用いてたたみ込みを行う残響付加装置の構成の一例を概略的に示すブロック図である。

【図7】サラウンド方式に対応するように、インパルス応答を収集する場合の一例を示す略線図である。

【図8】入力データに対してサラウンド方式に対応して残響音を付加する残響付加装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図9】ステレオ入力に対応するようにインパルス応答を収集する場合の一例を示す略線図である。

【図10】ステレオで入力されたデータに対してステレオで残響音を付加する残響付加装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図11】残響付加装置の構成の一例をより具体的に示すブロック図である。

【図12】残響付加装置のオプションボードの構成の一例を示すブロック図である。

【図13】残響付加装置のフロントパネルの一例を示す

略線図である。

【図14】表示領域に表示される波紋の例を示す略線図である。

【図15】表示領域に表示される波紋の例を示す略線図である。

【図16】表示領域に表示される波紋の他の例を示す略線図である。

【図17】たたみ込み演算を行う各DSPにおける処理を概略的に示す略線図である。

10 【図18】各DSPにおける処理を、さらに詳細に示す略線図である。

【図19】複数のブロックに分割してのたたみ込み演算処理について示す略線図である。

【図20】複数のブロックに分割してのたたみ込み演算処理について示す略線図である。

【図21】各DSPにおけるたたみ込みフィルタの構成の一例を示すブロック図である。

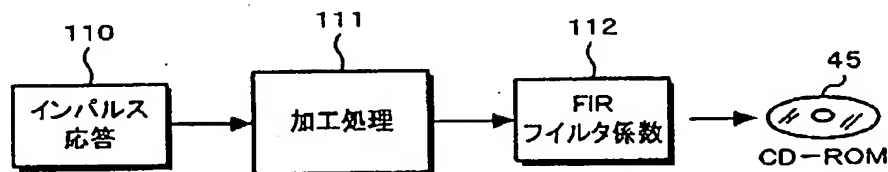
【図22】たたみ込みフィルタの処理を時間軸に対応して示す略線図である。

20 【図23】異なるNワードの処理を並列的に行う例を示す略線図である。

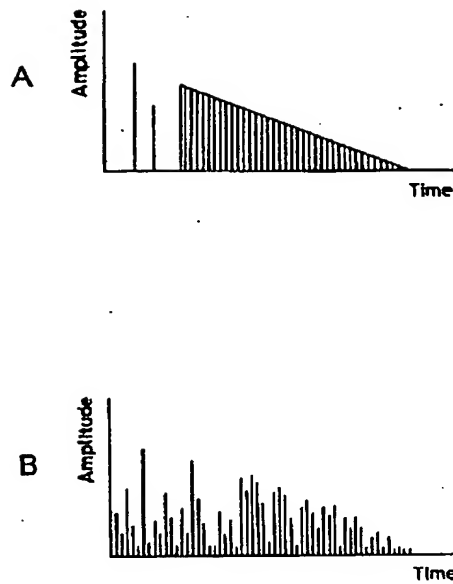
【符号の説明】

1・・・残響付加装置、30・・・DSP、32A～32M・・・DSP、33・・・加算器、34・・・DSP、40・・・コントローラ、42・・・LCDによる表示部、43・・・入力部、44・・・CD-ROMドライブ、45・・・CD-ROM、50・・・オプションボード、60A～60M・・・DSP、61・・・加算器、62・・・DSP、90・・・測定用信号発生部、94・・・同期加算部、95・・・インパルス応答変換部95、96L、96R、96F-L、96F-R、96R-L、96R-R、96L/F-L、96L/F-R、96R/F-L、96R/F-R・・・インパルス応答データ、97・・・インパルス応答収集装置、101・・・ホール、102L、102R・・・音源、103FL、103FR、103LR、103RR・・・マイクロフォン、122・・・たたみ込みフィルタ

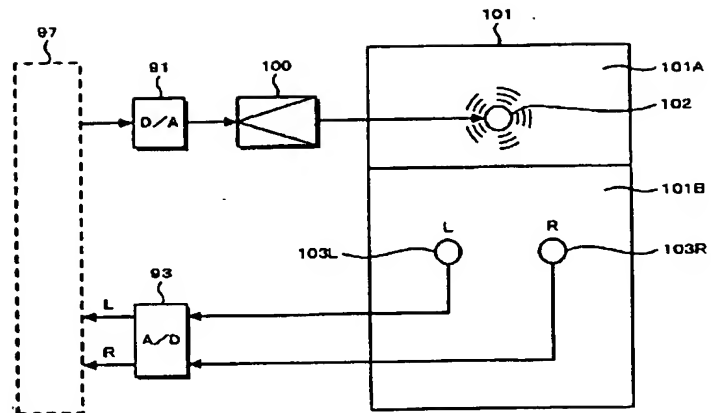
【図4】



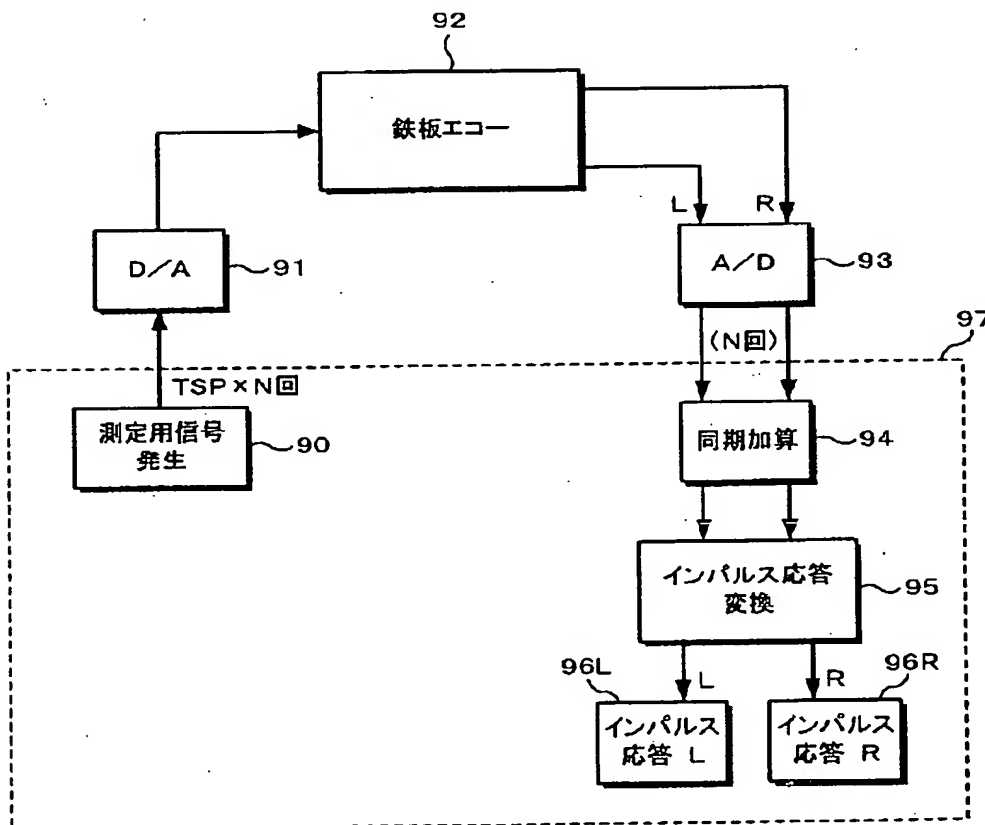
【図 1】



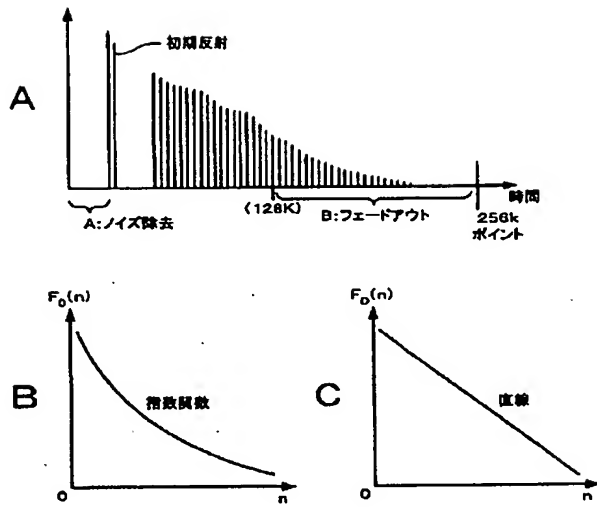
【図 3】



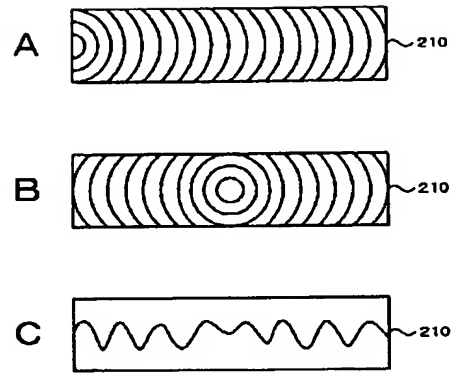
【図 2】



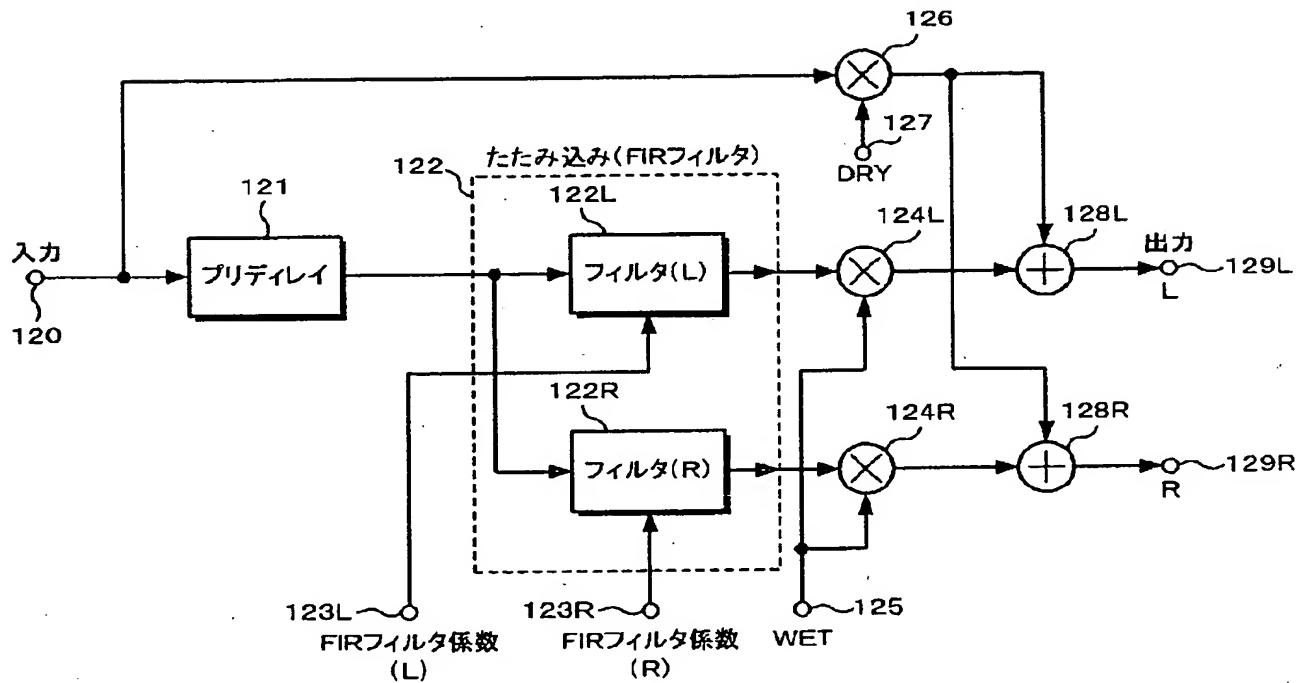
【図 5】



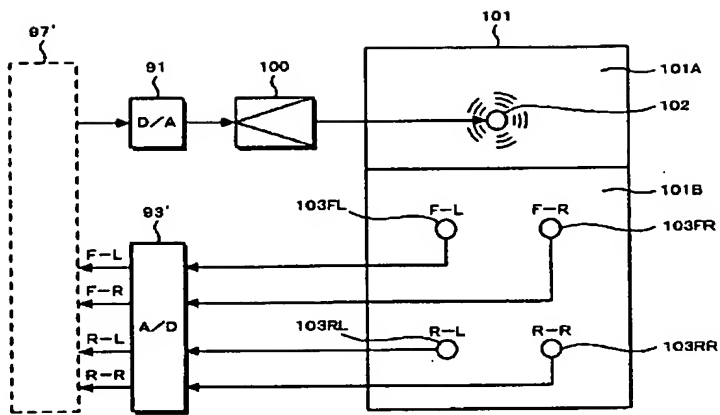
【図 16】



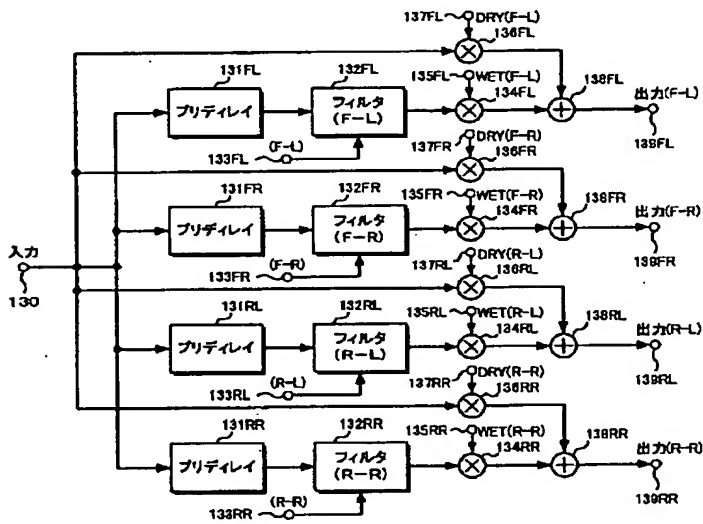
【図 6】



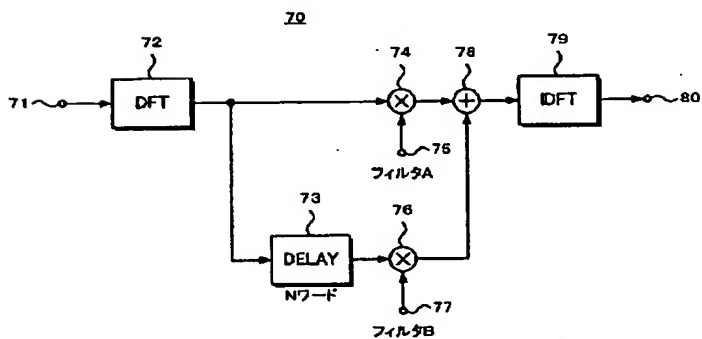
【図 7】



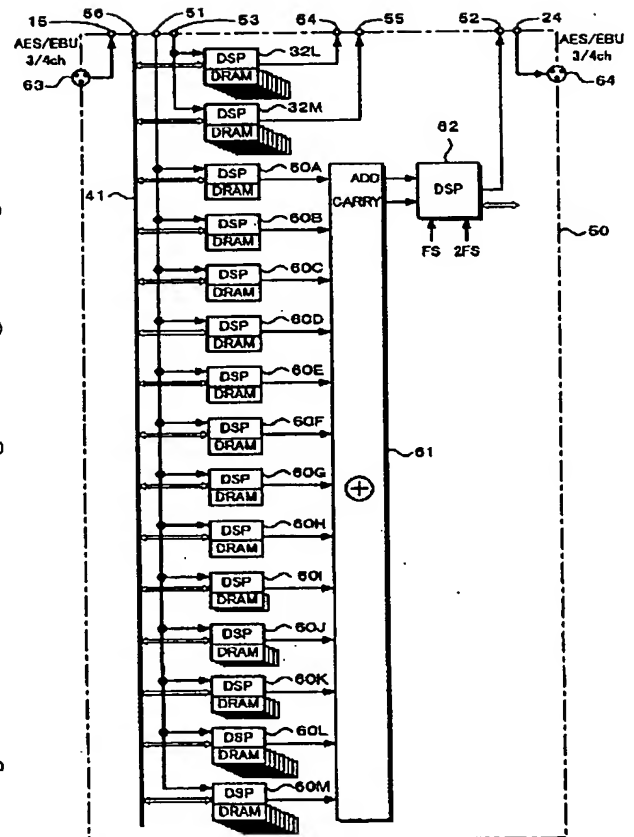
【図 8】



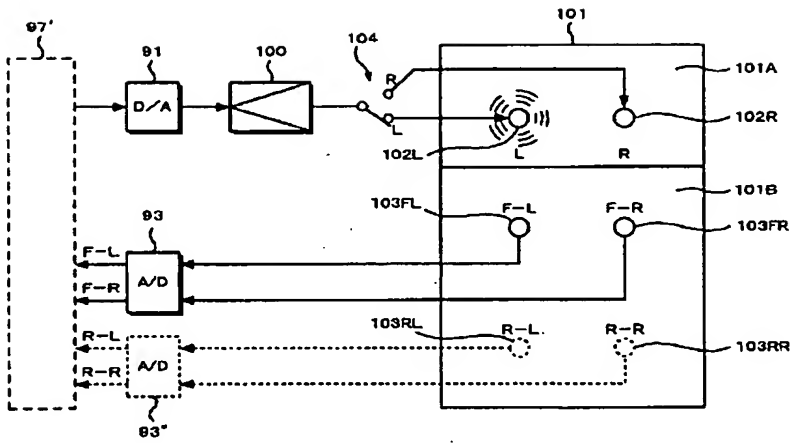
【図 21】



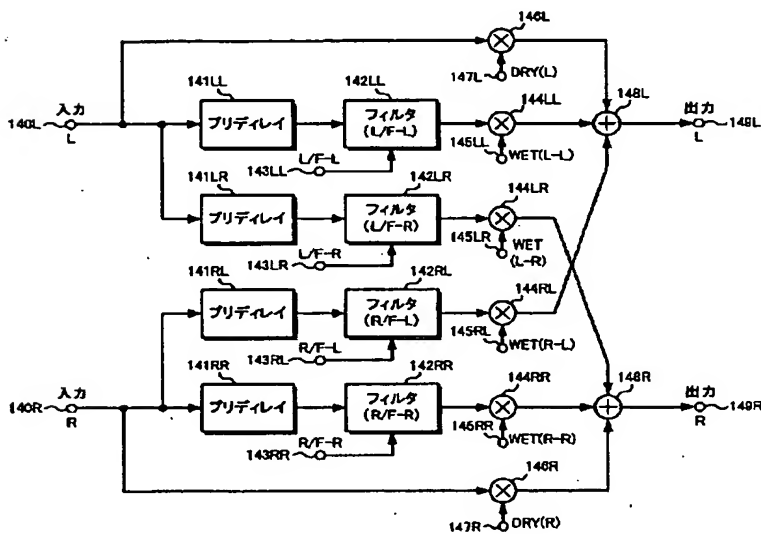
【図 12】



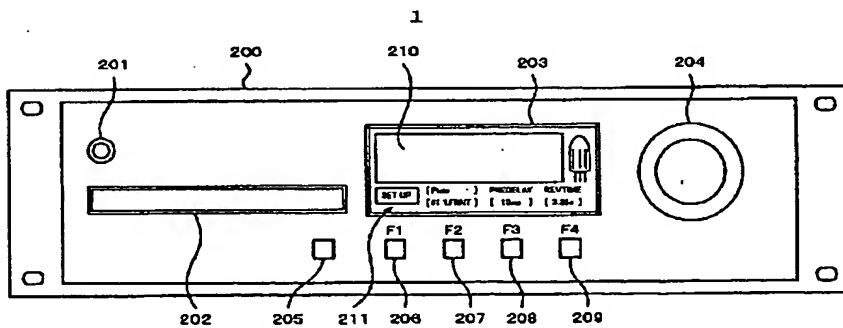
【図 9】



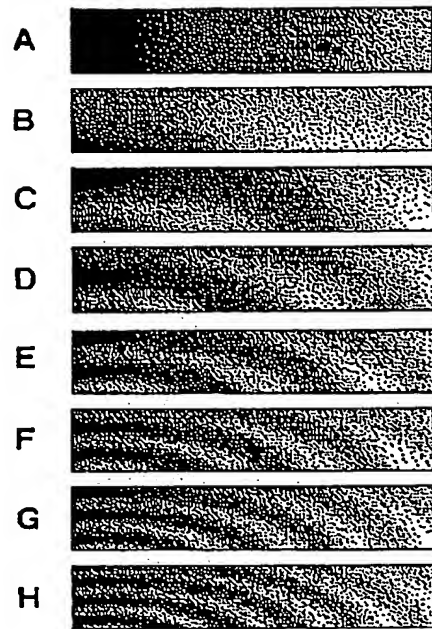
【図 10】



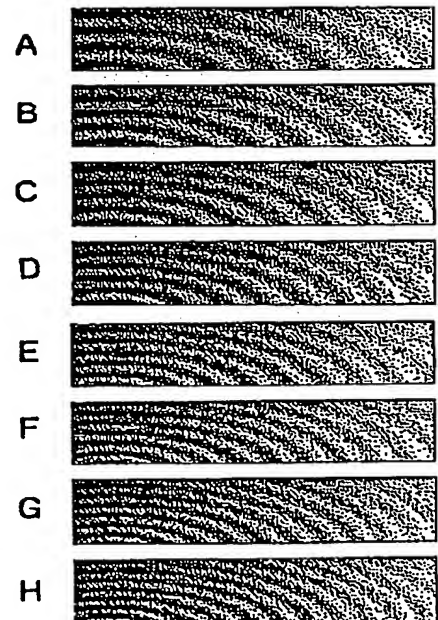
【図 13】



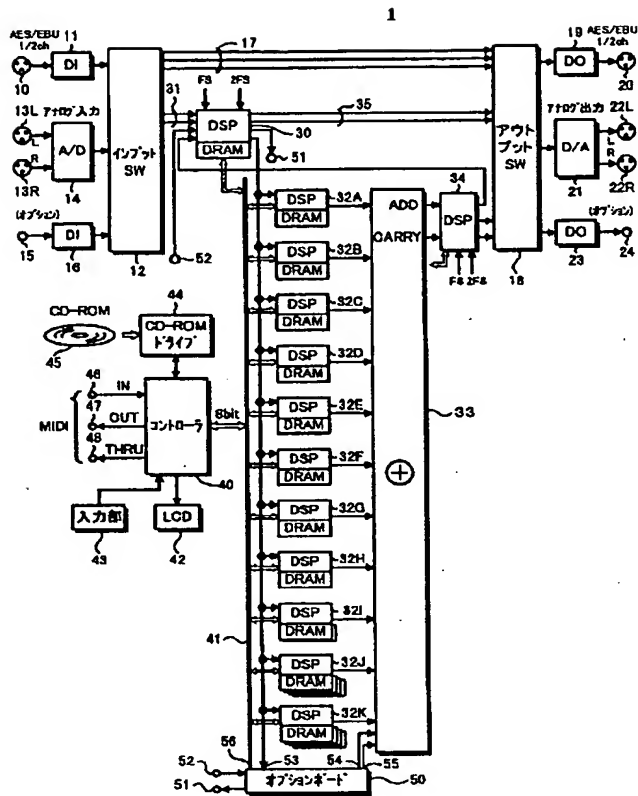
【図 14】



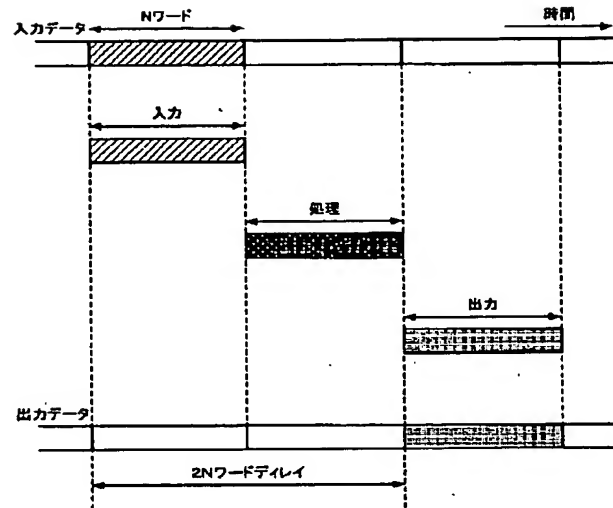
【図 15】



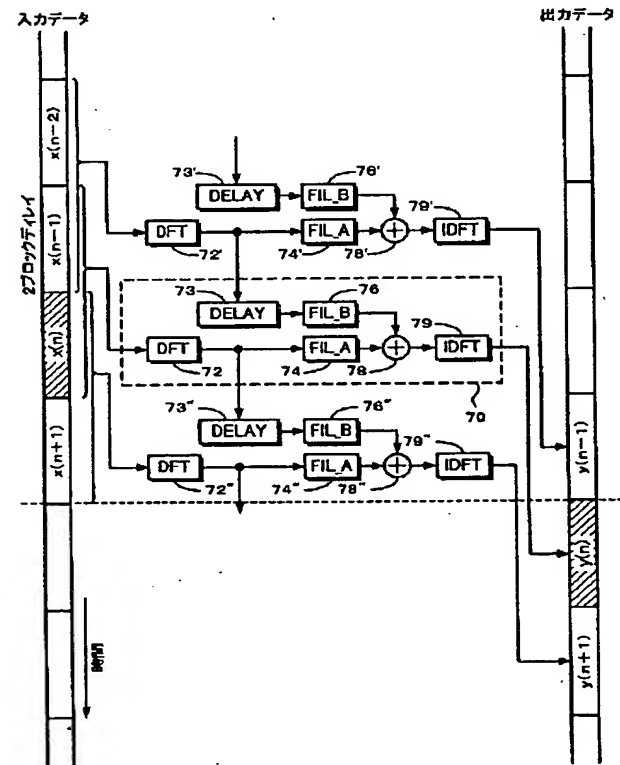
【図11】



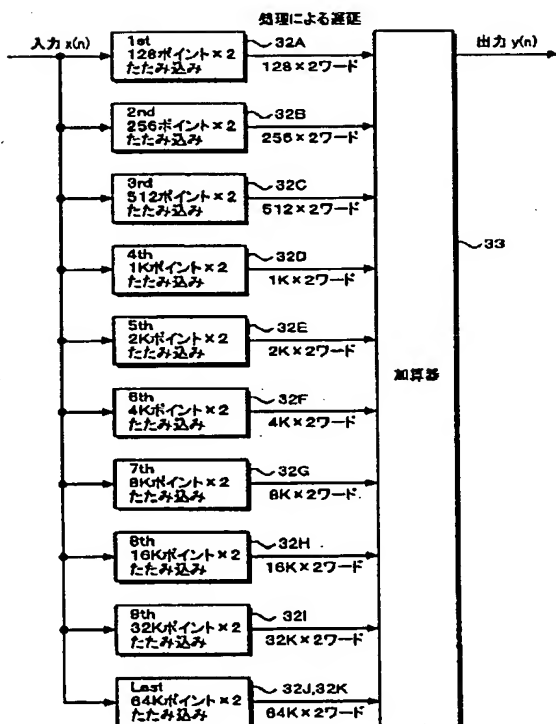
【図17】



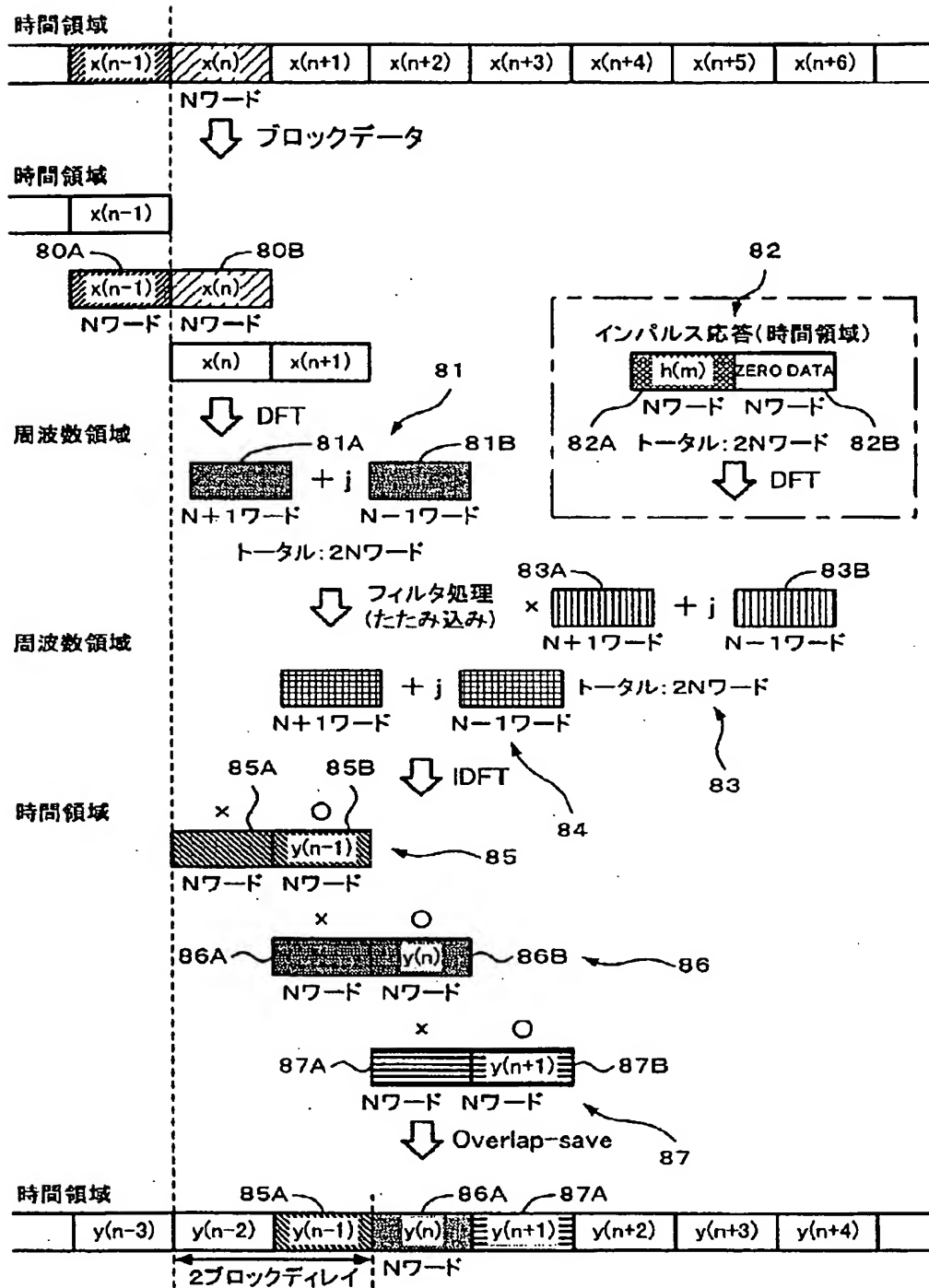
【図22】



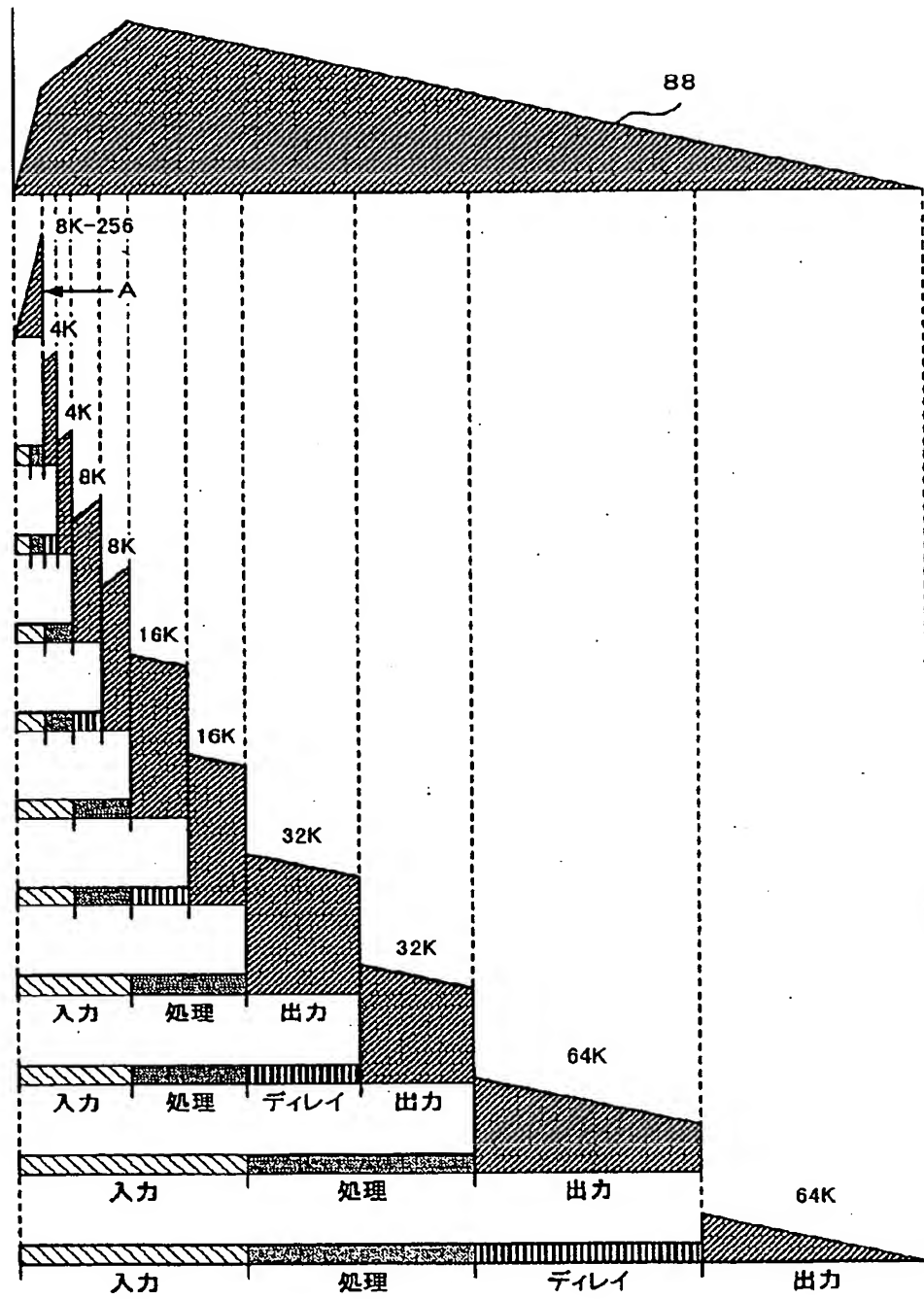
【図23】



【図 18】



【図 19】



【図 20】

